Das staatliche
Murgkraftwerk
in Forbach (Baden)

Herausgegeben von der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues,
Abteilung für Wasserkraft und Elektrizität.



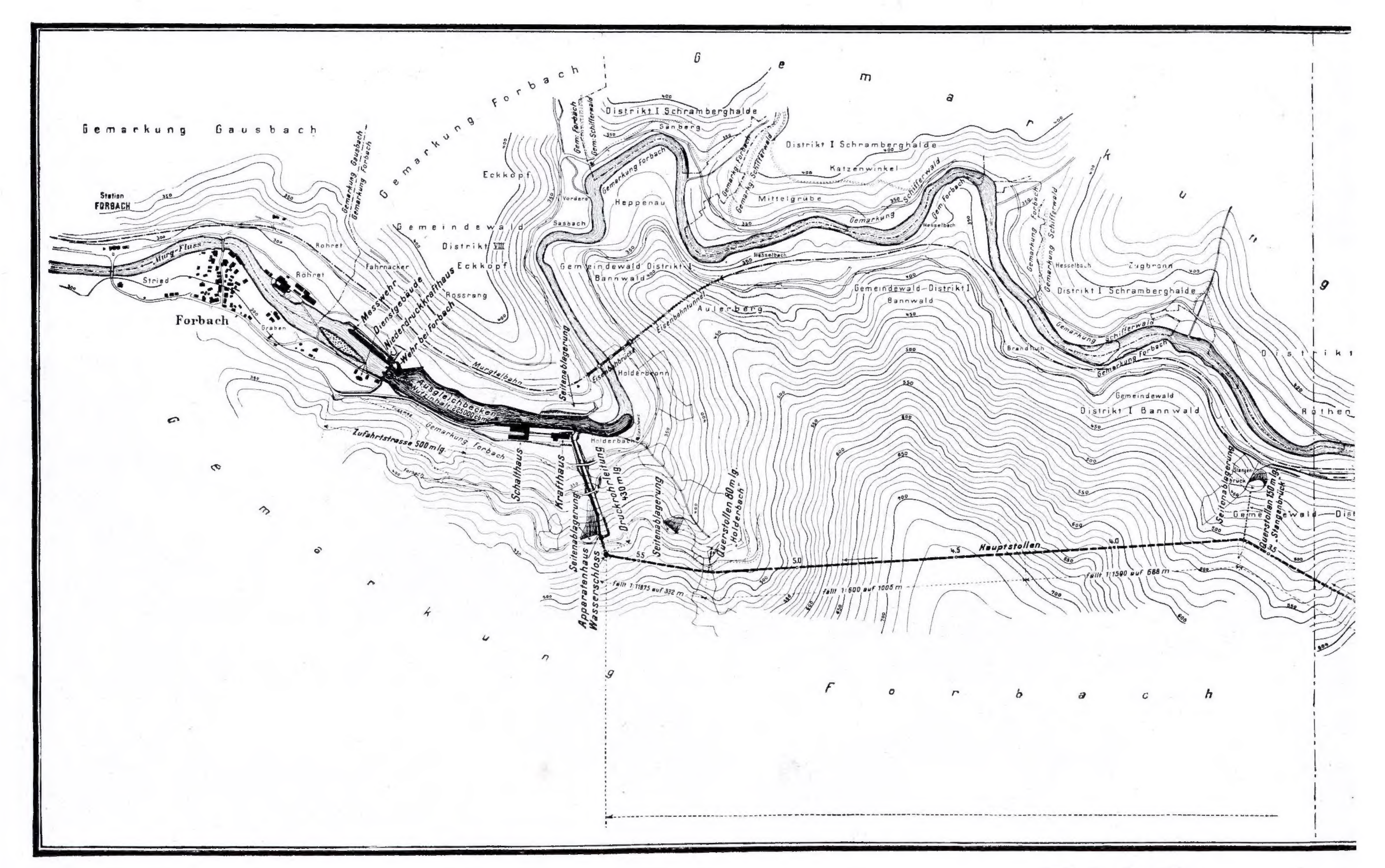
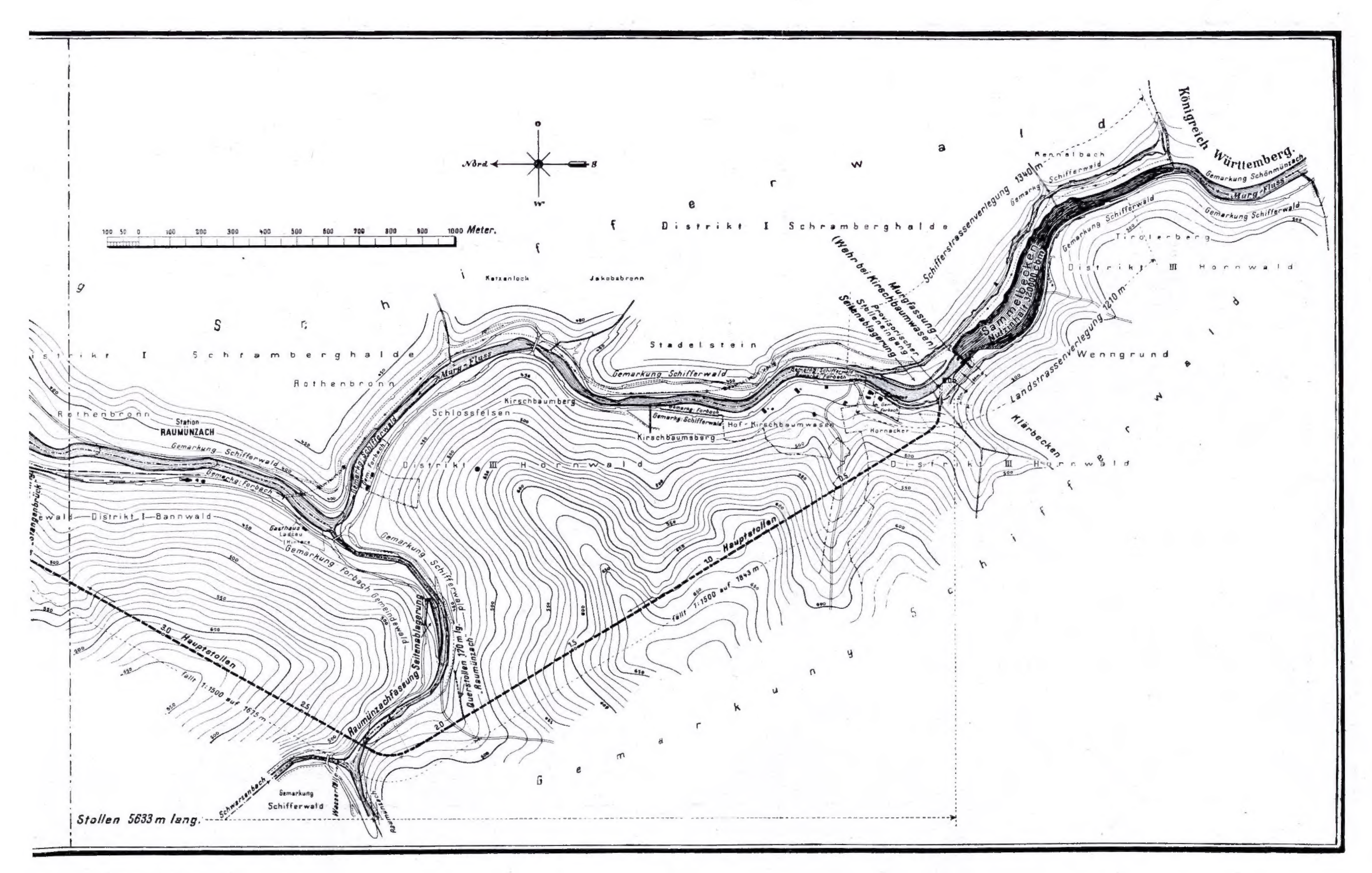
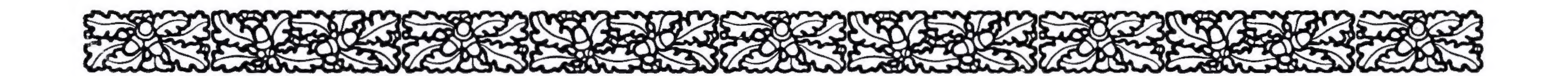


Abb. 1. Lageplan



(erster Ausbau).



Die Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Kraftübertragung haben die Möglichkeit gegeben, auch entfernt von den Stromverbrauchsstellen liegende Kraftquellen, insbesondere brachliegende Wasserkräfte, wirtschaftlich nutzbar zu machen. Zu den ausbauwürdigen Wasserkräften des badischen Schwarzwaldes zählt in erster Linie die Murg zwischen der badisch-württembergischen Landesgrenze und Forbach, deren geologische, meteorologische und hydrographische Verhältnisse für den Ausbau die günstigsten natürlichen Bedingungen bieten. Die Einzugsgebiete des ausgenützten Wasserlaufes, in einer Ausdehnung von rund 352 qkm, gehören zu den regenreichsten Teilen des Schwarzwaldes. Die jährlichen Abflußmengen der Murg an der Landesgrenze berechnen sich im Mittel zu 313 Millionen Kubikmeter, die der Einzugsgebiete der geplanten Staubecken an dem Schwarzenbach und an der Raumünzach zu 75 Millionen. Bauliche Anlagen wie Wehre, Stollen und Staubecken können im festen Granit gegründet werden.

Die Frage der Ausnützung der Wasserkräfte der oberen Murg hat die Öffentlichkeit Jahre hindurch beschäftigt. Bedenken und Widerstände mannigfacher Art standen der Verwirklichung entgegen. Schließlich unterbreitete die Regierung im Jahre 1912 den Landständen eine Vorlage, durch welche die Mittel für den Bau und Betrieb eines staatlichen Kraftwerks an der Murg bereitgestellt werden sollten. Der Entwurf sah zwei Ausbaustufen vor, von denen die erste, das Murgstollenwerk, die Ausnützung des natürlichen Gefälles

der Murg und der Raumünzach, die zweite, das Talsperrenwerk, die Anlage zweier Staubecken in den Seitentälern der Murg, des Schwarzenbachbeckens und des Raumünzachbeckens, vorsah. Die Möglichkeit, die umfassende Ausnützung sämtlicher Kräfte der oberen, auf württembergischem Gebiete liegenden Murg in einem dritten Ausbau zu bewirken, ist in vollem Maße gewahrt.

Nach Bewilligung der Mittel wurde die im Jahre 1912 errichtete, der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues angegliederte Abteilung für Wasserkraft und Elektrizität mit dem Bau und Betrieb des staatlichen Murgwerks betraut und mit den Bauarbeiten — zunächst durch Erstellung von drei Probestollen — im März 1913 begonnen. Die Fertigstellung des Werkes sollte im Jahre 1916 erfolgen. Der Krieg brachte aber unerhörte Erschwernisse. Mangel an Arbeitskräften, Schwierigkeiten der Ernährung der Arbeiter, ungenügende Belieferung mit Bau- und Betriebsstoffen stellten zeitweise die Möglichkeit des Weiterbaues in Frage und verzögerten



Abb. 2. Wehr bei Kirschbaumwasen.

die Vollendung derart, daß erst Mitte November 1918 mit der Stromabgabe aus dem Hochdruckwerk begonnen werden konnte. Die Durchführung eines richtigen Probebetriebes war bei der Dringlichkeit der Belieferung der Abnehmer nicht möglich.

Die Wasserführung der Murg ist wie bei allen Schwarzwaldflüssen außerordentlich unregelmäßig, sie schwankt an der Landesgrenze zwischen 2,5 und 500 cbm in der Sekunde. Es war daher nötig, an der Fassung, für die eine Stelle kurz unterhalb der badisch-württembergischen Landesgrenze bei Kirschbaumwasen sich am zweckmäßigsten erwies, ein Sammelbecken zu schaffen, das die Aufgabe hat, eine weitgehende wirtschaftliche Wasserausnützung zu ermöglichen, die Wasserzuführung zum Werk dem wechselnden Tagesbedarf anzupassen, insbesondere das Wasser für die Zeit der

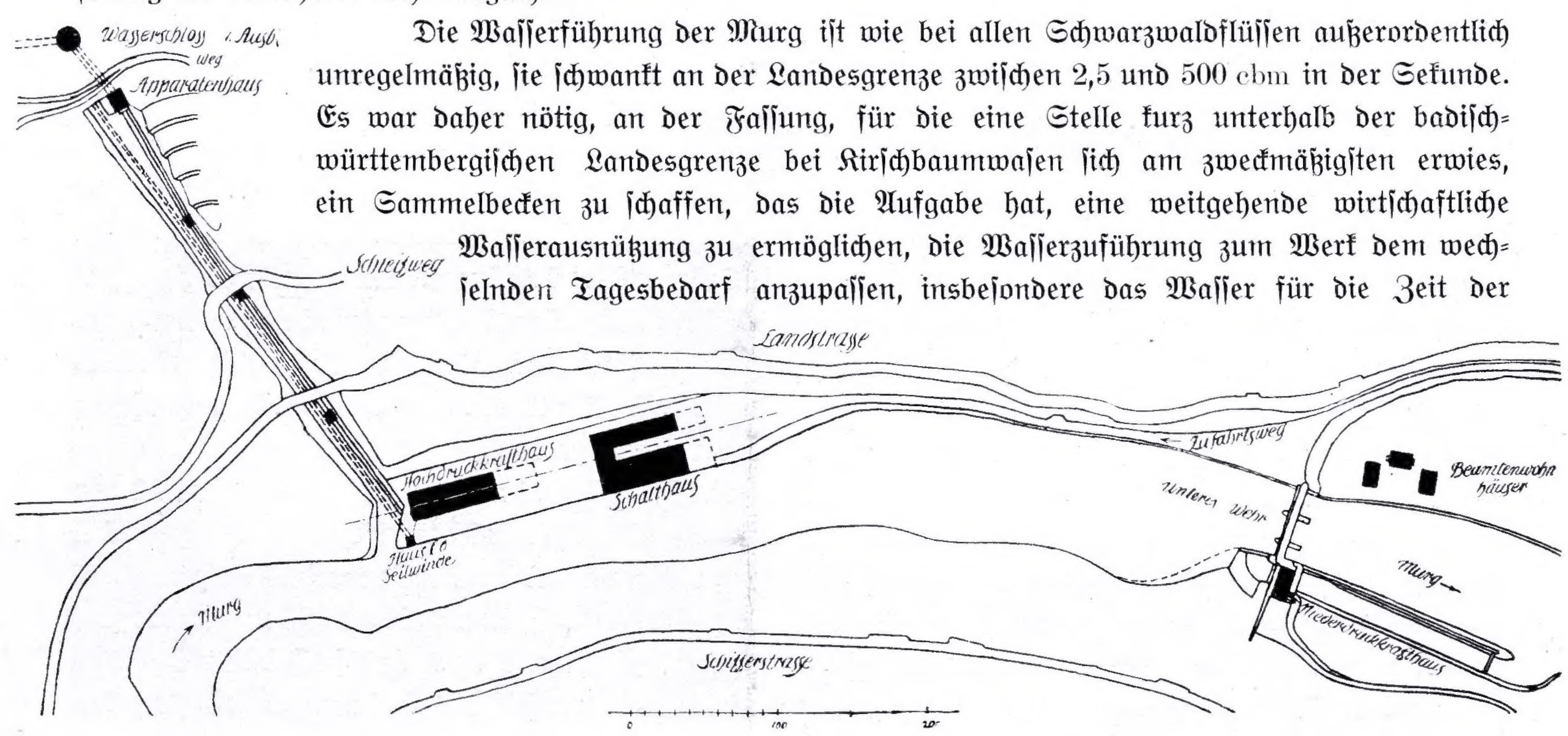


Abb. 3. Lageplan des Murgwerkes bei Forbach.

Spitzenbelastung aufzuspeichern. Der Stau reicht im Höchstfalle gerade bis zur Landesgrenze. Bei der durch den Bau des Beckens veranlaßten Verlegung der Landstraße auf dem linken Ufer stieß man auf einen 2 m tiefen, 10 m über der Murgsohle liegenden Strudeltopf (Gletschermühle), der als Naturdenkmal der Besichtigung erhalten geblieben ist. Die Murg wird durch ein Wehr bis zu 17 m Höhe gestaut. Das Wehr hat zwei Hauptöffnungen von je 13,5 m Lichtweite und einen 5,4 m breiten Grundablaß. Am rechten Ufer sind in die Abschlußmauer drei Saugheberüberfälle eingebaut, die bei Überfüllung des Beckens selbsttätig bis zu 45 cbm Wasser in der Sekunde abzuführen vermögen. Der nutzbare Stauinhalt des Beckens, dessen höchster Wasserspiegel 447 m ü. M. liegt, beträgt 320000 cbm und entspricht bei dem Nutzgefälle von etwa 140 m einer Leistung von rund 100000 Kilowattstunden. Die aus Eisenbeton erstellten, mit Granitquadern verkleideten, 22,5 m hohen Wehrpfeiler werden von einer Brücke überspannt, die die normalerweise elektrisch, im Notfalle von Hand zu betreibenden Winden trägt, welche die eisernen Schützen bewegen. Der Ausfluß des Nutzwassers aus dem Becken erfolgt unmittelbar oberhalb des Wehres auf der linken Talseite durch einen Grobrechen in ein offenes Vorbecken. Von hier gelangt das Wasser durch Feinrechen in eine zweiteilige unterirdische Kläranlage zu dem Zweck, das Wasser von mitgeführtem Sande zu befreien. Die Wassergeschwindigkeit im Klärbecken beträgt im



Abb. 4. Wasserschloß.

ungünstigsten Falle 0,24 m in der Sekunde. Jede Abteilung der Kläranlage kann ohne Betriebsunterbrechung des Werkes für sich ausgeschaltet und durch einfache Spülvorrichtungen entleert und gereinigt werden. Trompetenförmig gestaltete Übergänge vermitteln die Verbindung der Kläranlage mit dem 5543 m langen, durch das Granitgebirge getriebenen Druckstollen, der in einem ebenfalls zum größten Teil in den Fels gesprengten senkrechten Schacht (Wasserschloß) an der Lindenhalde oberhalb Forbach endet. Der Druckstollen mit einem durchschnittlichen Längsgefälle von 1:1500 hat 8,51 qm Querschnitt, besitzt eine Verkleidung von Beton mit wasserdichtem Glattstrich und gestattet eine sekundliche Wasserführung von 17,5, ausnahmsweise 20 cbm, entsprechend einer Leistung im Kraftwerk bis zu 22000 Kilowatt (30000 PS).

Um für den Stollenbau mehrere Angriffspunkte zu schaffen, wurden an drei Stellen Querstollen angelegt, von denen aus dann in nördlicher wie in südlicher Richtung — im ganzen von acht Stellen aus — am Vortrieb gearbeitet werden konnte. Da, wo der Stollen die Raumünzach in etwa 15 m Tiefe unter ihrem Bette kreuzt, ist mittels eines kleinen Wehres die Raumünzach gefaßt und durch einen senkrechten Einfallschacht deren Wasser ebenfalls in den Stollen eingeleitet.

Das nur wenig aus dem Berge hervorragende, mit einer Betonkuppel abgeschlossene Wasserschloß von 34 m Höhe, unten 12 m, oben 15 m lichter Weite hat einmal die Aufgabe, bei starken plötzlichen Belastungsänderungen der Maschinen Wasserschwankungen auszugleichen, die durch die Geschwindigkeitsänderungen der bewegten Wassermassen im Stollen erzeugt werden, sodann als Vorratsbehälter bei raschen Belastungssteigerungen zu dienen, bis das Wasser im Stollen die entsprechend größere Geschwindigkeit erlangt hat.

Vom Wasserschloß wird das Wasser dem Krafthause in zwei Rohrsträngen zugeleitet, die zunächst nahezu horizontal mit je 2,2 m Lichtweite in einem in den Fels gesprengten Stollen, und bevor sie in die offen verlegte Rohrleitung übergehen, durch das sog. Apparatenhaus geführt sind, woselbst in die Rohre

jeweils zwei Absperrorgane (Drosselklappen) eingeschaltet sind, die teils von Hand, teils maschinell betätigt werden und im Gefahrfalle vom Schalt- und Krafthaus aus geschlossen werden können. Bei einem Rohrleitungsbruch wird durch einen Rohrbruchautomaten, eine in dem Wasserstrom pendelnd aufgehängte Stauscheibe, die bei erhöhter Wassergeschwindigkeit aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht wird, die Schlußbewegung der Rohrabschlußklappen selbsttätig eingeleitet. Hinter den Drosselklappen sitzt auf jedem Rohrstrang ein ebenfalls selbsttätiges Ent- und Belüftungsventil.

Für die Verlegung der derzeitigen und künftigen Rohrleitungen bot der Abhang an der Lindenhalde die günstigsten natürlichen Bedingungen. Am oberen Ende beim Apparatenhaus und am unteren Ende beim Krafthaus, ferner



Abb. 5. Hochdruckkrafthaus mit Rohrleitungen, Apparatenhaus und Wasserschloß.

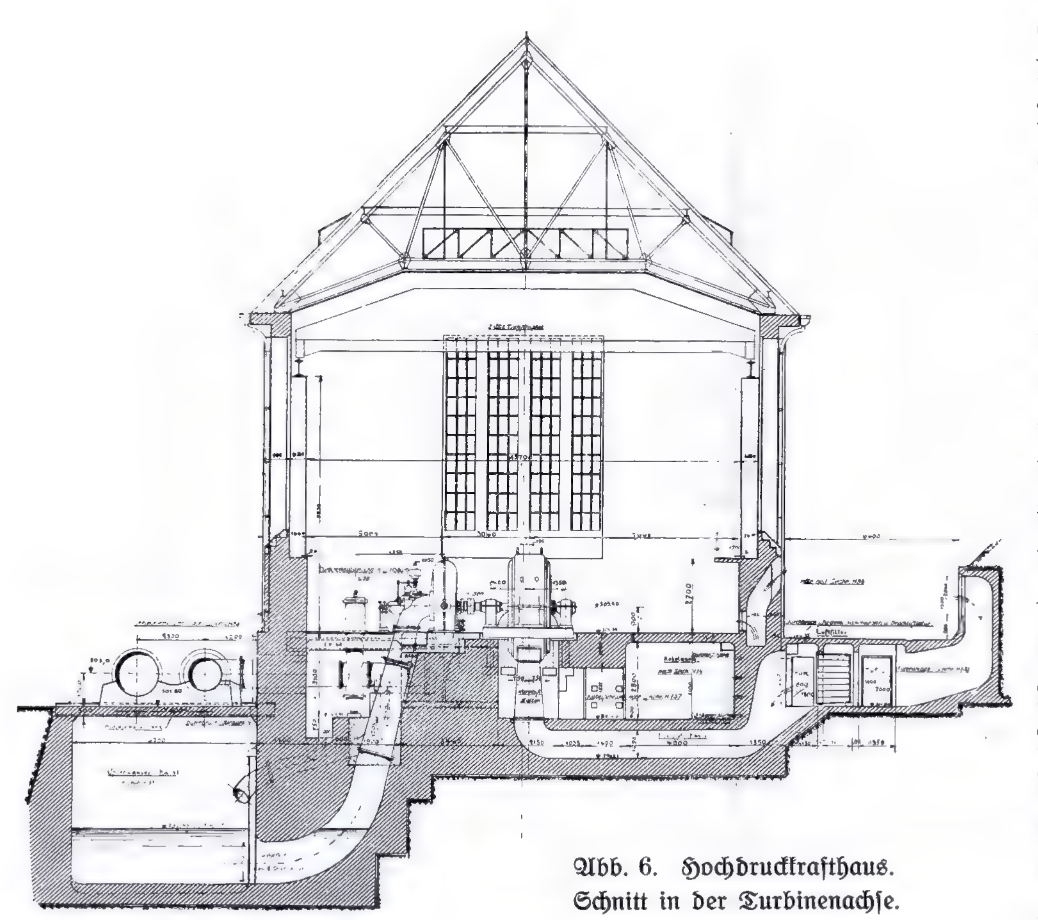


Abb. 6. Hochdruckkrafthaus.
Schnitt in der Turbinenachse.

an drei Stellen, an denen Gefällsbrüche nicht zu umgehen waren, sind die Rohre in große, auf Fels gegründete Betonklötze als Fixpunkte eingespannt, im übrigen liegen die Rohre frei beweglich auf Betonsockeln. Je ein zwischen zwei Fixpunkte eingespanntes Rohrstück hat am oberen Ende eine Ausdehnungsmuffe, um den Längenänderungen bei Temperaturwechsel folgen zu können. Die Lichtweite der Rohre beträgt anfänglich 2,2 m und geht in drei weiteren Druckzonen auf 1,9, 1,7 und 1,55 m über. Die Wandstärke der aus Siemens-Martin-Flußeisen überlappt geschweißten Rohre von 8,5 m größter Einzellänge beträgt 11, 16 und 19 mm. Als Rohrverbindung ist eine Nietmuffe angewendet.

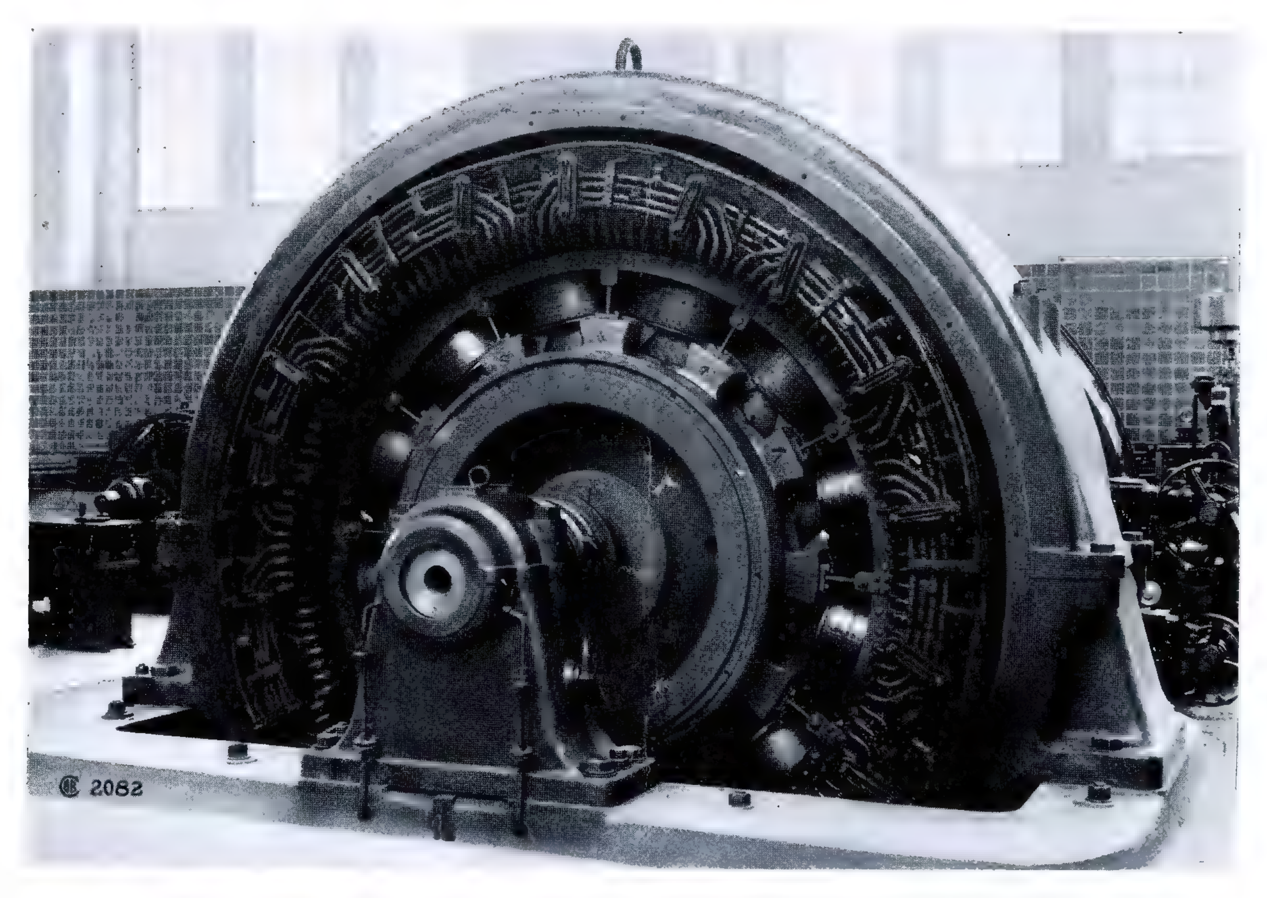


Abb. 7. Hochdruckkrafthaus. Synchron-Generator, 5000 kVA ohne Verschalung.

Die Gesamtlänge jeder Rohrleitung beträgt 425 m, das Nutzgefälle bis zu dem auf Höhenkote 301,6 liegenden Wasserspiegel des Ausgleichbeckens im Mittel 140 m. Vor dem Krafthaus setzen sich die Rohrleitungen als Verteilleitungen fort. Den Rohrleitungen entlang führt zum Wasserschloß eine elektrisch betriebene Gleisseilbahn zur Beförderung der Rohre und Maschinenteile während des Baues und zur Erleichterung der Betriebsaufsicht. Baulich vorbereitet ist die Rohrbahn für die Rohrleitung des zweiten Ausbaues.

Das Krafthaus in der Oberau, am Fuße der Lindenhalde und des Haulerberges gelegen, enthält im ersten Ausbau fünf einfache Francisspiralturbinen mit unmittelbar gekuppelten Drehstromerzeugern von je 5000 Kilovoltampere und 10000 Volt Spannung bei 500 Umdrehungen in der Minute. Die mittlere Turbine wird aus beiden Rohrsträngen gespeist, kann aber an einen der beiden allein angeschlossen werden. Das Wasser verläßt die Turbinen durch ein Blech- und anschließendes Betonsaugrohr, das in den gemeinsamen, außerhalb des Krafthauses liegenden Ablaufkanal unter Wasser mündet. Die Geschwindigkeitsregulierung der einzelnen Turbinen erfolgt selbsttätig mit Hilfe eines mit Drucköl arbeitenden, von einem Federpendel gesteuerten Servomotors. Drucksteigerungen und Wasserstöße in der Zuleitung, die bei raschem Schließen der Leitung zu befürchten wären, werden durch einen Druckregler, der dem Wasser vorübergehend einen Nebenauslaß ins Freie bietet, herabgemindert.

Der Erregerstrom wird durch zwei besondere Gleichstromerzeuger von je 250 Kilowatt Leistung bei 220 Volt Spannung geliefert, von denen der eine mit einer Freistrahlturbine, der andere mit einem Drehstrommotor unmittelbar gekuppelt ist. Das Krafthaus ist so angelegt, daß es bei entsprechender Verlängerung auch die größeren Maschinensätze des zweiten Ausbaues aufzunehmen vermag. Ein Laufkran bestreicht die ganze Halle von 57 m Länge, 16 m Breite und 11,5 m Höhe. Eine Galerie bietet dem Besucher einen freien Überblick über die gesamte Maschinenanlage. Für die Erwärmung des Raumes wird im Winter die warme

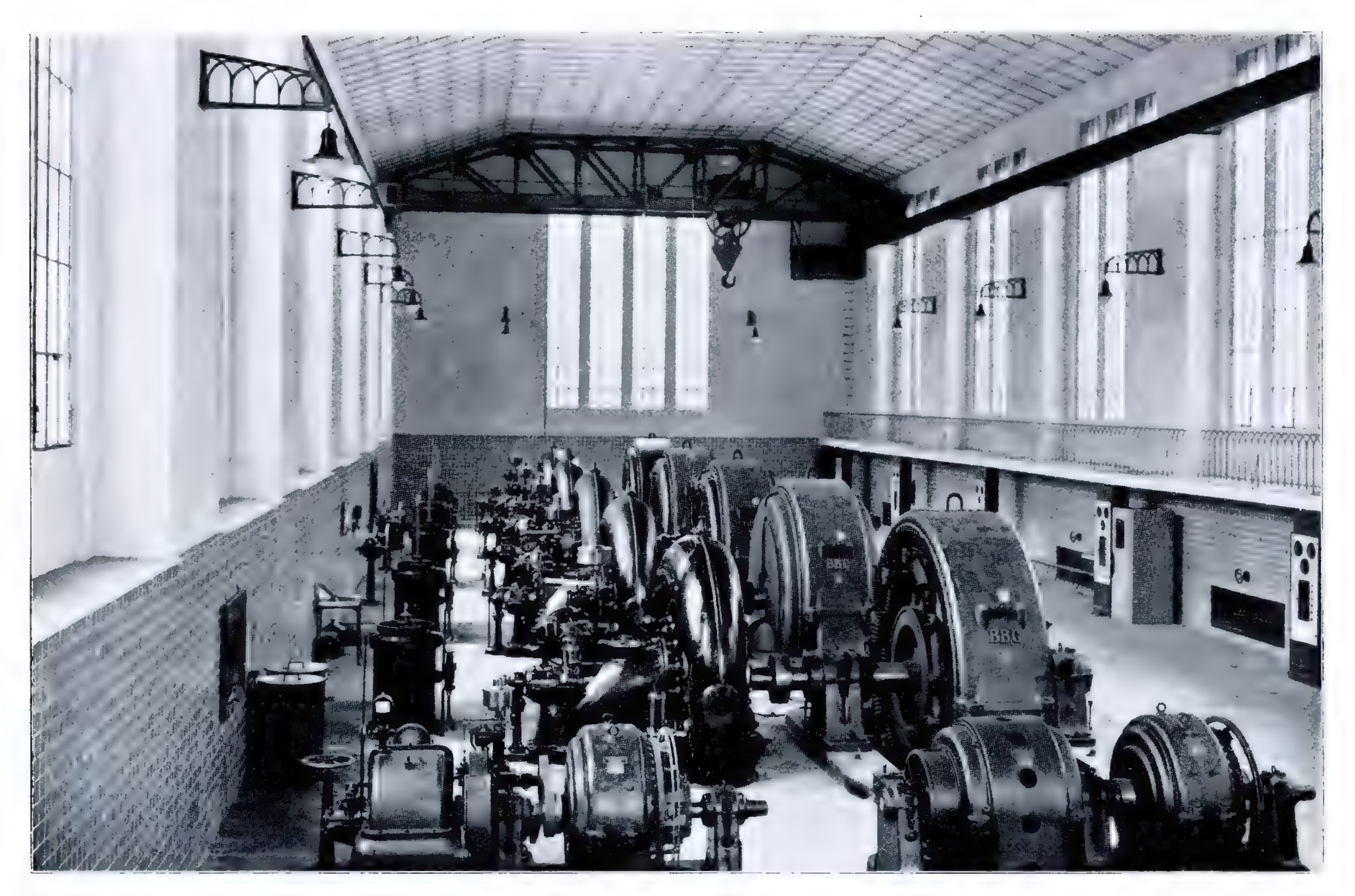


Abb. 8. Hochdruckkrafthaus. Inneres mit Maschinenanlage.

Abluft der Stromerzeuger verwendet. Diese sind zwecks guter Kühlung gekapselt und mit Frischluftzuführung versehen.

Damit durch den unregelmäßigen Ablauf des Wassers die unterhalb des Murgwerks liegenden Kraftwerkbesitzer nicht geschädigt werden, war die Erstellung eines Ausgleichbeckens geboten, aus dem das angesammelte Wasser in gleichmäßig auf den ganzen Tag verteilter Menge wieder dem Murgbett zugeführt wird. Die Schaffung eines solchen Stauraums — sein Inhalt beträgt 230000 cbm — machte die Errichtung eines zweiten Wehres, ähnlich dem bei Kirschbaumwasen, erforderlich. Das Wehr liegt rund 1000 m oberhalb des Bahnhofs Forbach. Die gesamte Stauhöhe beträgt 10 m. Die zwei Hauptöffnungen haben eine Weite von je 16 m, der Grundablaß eine solche von 8 m. Im Zusammenhang mit diesem Wehr ist am rechten Murgufer noch ein kleines Niederdruckkraftwerk eingebaut worden, in dem zwei Franciszwillingsturbinen (Kesseltyp) bei einem Gefälle, das zwischen 10 und 3 m wechselt, zwei Drehstromerzeuger von je 650 Kilovoltampere bei 3000 Volt derart betreiben, daß die Menge des abfließenden Wassers, entsprechend der jeweiligen Wasserführung des Flusses, gleich bleibt. Die Jahresleistung des Hochdruckwerkes wird durch das Niederdruckwerk um 4 bis 5 Millionen Kilowattstunden erhöht.

Der in beiden Krafthäusern erzeugte Strom wird durch Kabel einem vom Hochdruckkrafthause getrennt errichteten, ausgedehnten Schalt- und Transformatorenhause zugeführt. Hochdruckkrafthaus und Schalthaus sind jedoch durch einen unterirdischen begehbaren Kabelkanal miteinander verbunden.

Von den 10000-Volt-Sammelschienen sind die einzelnen Stromerzeuger durch Ölschalter (Dreikesselschalter) abzutrennen. Die Sammelschienen selbst sind durch Trennschalter zu unterteilen. Durch zwei wassergekühlte Transformatoren von je 10000 Kilovoltampere Leistung wird die Spannung für die Fortleitung auf 110000 Volt erhöht. Alle Schaltungen werden von dem zentralen Betätigungsraume im Schalthause aus



Abb. 9. Wehr bei Forbach. Oberwasserseite.



Abb. 10. Wehr bei Forbach mit Niederdruckkrafthaus und Verwaltungsgebäude.

vorgenommen, so daß unbeeinflußt von Geräuschen und unabhängig von der Ausdehnung der Maschinenanlagen durch elektrische Fernmelde- und Kommandoeinrichtungen der ganze Betrieb von dieser Stelle aus geleitet und überwacht werden kann.

Außer einer 20000-Volt-Leitung zur unmittelbaren Versorgung des Murgtales und der Gebiete um Rastatt und Achern geht vom Schalthaus eine 100000-Volt-Leitung zu den Schalt- und Transformatorenhäusern Scheibenhardt bei Karlsruhe und Rheinau bei Mannheim, in denen die Spannung wieder auf 20000 Volt erniedrigt wird. Die Leitungen werden getragen von Gittermasten von 20 bis 27 m Höhe, welche in der Regel in Abständen von 225 m, im Murgtal bis zu 400 m, aufgestellt sind. Als Isolatoren sind siebengliedrige Hängeketten verwendet. Die Leitungsseile bestehen aus einer Stahlseele (7 Drähte) von 35 qmm und einer Aluminiumhülle (11 Drähte) von 70 qmm Querschnitt. Die 100000-Volt-Leitung hat 120 km Gesamtlänge, sie setzt sich dann, bei Rheinau den



Abb. 11. Niederdruckkrafthaus. Synchron-Generator, 650 kVA.



Abb. 12. Hochdruckkrafthaus und Schalthaus.



Abb. 13. Hochdruckkrafthaus und Schalthaus. Blick von der Murgecke.

Rhein kreuzend, fort und findet in der Schaltstation Mundenheim Anschluß an die 100000-Volt-Leitung des Pfalzwerks, um ein Zusammenarbeiten mit dessen Dampfkraftwerk in Homburg zu ermöglichen. Von Forbach bis Rotenfels im Murgtale ist das Gestänge zur Aufnahme einer zweiten 100000-Volt-Leitung befähigt, welche den vorgesehenen Zusammenschluß mit den Oberrheinkraftwerken herbeizuführen bestimmt ist.

Bei normalen Niederschlagsverhältnissen vermag das Murgwerk im ersten Ausbau in Forbach 50 bis 60 Millionen Kilowattstunden jährlich abzugeben. Nach dem zweiten Ausbau wird die Stromerzeugung sich auf etwa 100 Millionen Kilowattstunden beziffern. Im künftigen Zusammenarbeiten mit Oberrhein- und Neckarwasserkräften wird das Murgwerk die Rolle als Spitzenwerk übernehmen.

Der Forderung, der im Murgtal, einem der schönsten Landesteile, zu errichtenden Wasserkraftanlage auch in der ganzen äußeren Erscheinung der Bauwerke diejenigen Ausdrucksformen zu geben, welche ihrer Größe und Bedeutung entsprechen und sie als vorbildlich erscheinen lassen, hat man in jeder Weise Rechnung zu tragen gesucht. Der Fertiger der diesbezüglichen Entwürfe, dem auch die meisten der zur Wiedergabe gelangten Lichtbildaufnahmen zu verdanken sind, bemerkt dazu an anderer Stelle: „Bei allen Hochbauten mit Einschluß der Wehre wurde der herrliche Schwarzwaldgranit in weitestem Umfang angewendet. Form und Baustoff (dunkler Putz) hatten insbesondere die Aufgabe, den Übergang zu der ernsten und monumentalen Natur zu finden. Wohl ist durch die Errichtung des Werkes der Verlust landschaftlicher Schönheiten zu beklagen — auch eine alte Säge, die Heiligensäge (Titelbild), mußte dem Stau des unteren Wehres zum Opfer fallen —, dafür sind aber auch wieder neue, nicht weniger eindrucksvolle Werte entstanden. Möge das Murgwerk neben einer Reihe anderer in den letzten Jahren ausgeführter Schöpfungen — es seien nur die bei Thusis, Laufenburg und Augst genannt — dazu beitragen, das Verständnis für die neuartigen Ausdrucksmöglichkeiten von Großwasserkraftanlagen zu fördern."

Die Abbildungen 1 und 6 bezw. 3, 4, 9, 10, 12 und das Titelblatt sind in Heft 69 des Jahrgangs 1916 bezw. in Heft 85 des Jahrgangs 1918 des Zentralblattes der Bauverwaltung, die Abbildung 13 in Heft 104 des Jahrgangs 1918 der Deutschen Bauzeitung, die Abbildungen 7 und 11 in den BBC Mitteilungen von 1919 erschienen.

Der Text ist von Oberregierungsrat Schellenberg, die bildliche Ausstattung von Bauinspektor Wielandt.

Druck der C. F. Müllerschen Hofbuchhandlung m. b. H. in Karlsruhe i. B.